

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИИ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 9.035  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

### International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2022 Issue: 01 Volume: 105

Published: 30.01.2022 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



**Marina Yur'evna Zvezdina**

Don State Technical University  
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, associate professor  
professor of Don State Technical University,  
Russia, Rostov-on-Don  
[zvezdina\\_m@mail.ru](mailto:zvezdina_m@mail.ru)

**Yulia Aleksandrovna Shokova**

Don State Technical University  
Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor,  
associate professor of Don State Technical University,  
Russia, Rostov-on-Don

**Oleg Alexandrovich Lavrentyev**

Don State Technical University  
head of the stationary radio frequency control department, Russia, Rostov-on-Don  
[olav3@mail.ru](mailto:olav3@mail.ru)

**Kaba Aly**

Don State Technical University  
student, Russia, Rostov-on-Don

## CHOOSING A BROADBAND INTERNET ACCESS NETWORK DEPLOYMENT MODEL IN THE REPUBLIC OF GUINEA

**Abstract:** The results of an analytical review of the known recommendations of the International Telecommunication Union on the broadband Internet access network deployment and application specifics in developing countries and countries with a low level of economic development are given, using African countries as an example. It is shown that the undeveloped economy increases the lag in infrastructure development and the development of the economy, instilling basic digital skills among the population, the deployment of networks in rural areas, the use of cell phones as terminal devices for access to the Internet. The example of construction of a subscriber network of broadband Internet access in rural areas of the Republic of Guinea is given.

**Key words:** broadband networks, mobile Internet access, developing countries, subscriber networks, African countries, Republic of Guinea.

**Language:** Russian

**Citation:** Zvezdina, M. Y., Shokova, Y. A., Lavrentyev, O. A., & Aly, K. (2022). Choosing a broadband internet access network deployment model in the Republic of Guinea. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 01 (105), 701-712.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-01-105-47> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2022.01.105.47>

**Scopus ASCC:** 2201.

### ВЫБОР МОДЕЛИ РАЗВЕРТЫВАНИЯ СЕТИ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА В ИНТЕРНЕТ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ГВИНЕЯ

**Аннотация:** Приводятся результаты аналитического обзора известных рекомендаций Международного союза электросвязи по развертыванию широкополосных сетей доступа в интернет и особенностей их применения в развивающихся странах и странах с низким уровнем развития экономики на

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	РИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

примере африканских стран. Показано, что неразвитость экономики приводит к увеличению срока опережения развития инфраструктуры по сравнению с развитием экономики, привития населению базовых цифровых навыков, развертыванию сетей в сельской местности, использованию в качестве окончательных устройств выхода в интернет мобильных телефонов. Приводится пример построения абонентской сети широкополосного доступа в интернет в сельской местности Республики Гвинея.

**Ключевые слова:** широкополосные сети связи, мобильный доступ в Интернет, развивающиеся страны, абонентские сети связи, африканские страны, Республика Гвинея.

## Введение

### UDC 621.39

Одной из современных тенденций развития мировой экономики является развертывание широкополосных сетей доступа (ШПД) в интернет [1-10]. Заинтересованность правительств многих стран в таких сетях обусловлена тем, что они позволяют за счет сравнительно небольших инвестиций в короткие сроки повысить не только величину ВВП государства, но и решить также ряд вопросов из социальной области и здравоохранения, особенно в сельских районах [3, 5, 6]. В связи с этим число стран с сетями ШПД в интернет возросло менее чем за 10 лет, как следует из [5], почти в 10 раз – с 17 в 2005 году до 134 в 2015 году. Причем развивающиеся страны с относительно слабой экономикой, к которым относится большинство африканских государств, провозгласили развитие инфокоммуникационных технологий (ИКТ) в целом и ШПД, в частности, приоритетным направлением [6]. Однако при практической реализации данного направления в развивающихся странах возникают серьезные затруднения, обусловленные существенными отличиями исходных условий (развитие экономики, технические знания населения, спектр требуемых услуг) по сравнению с развитыми странами. В связи с этим непосредственно использовать накопленный развитыми странами опыт развертывания сетей ШПД не представляется возможным, а произвольная его трактовка приводит к существенным финансовым потерям, что подтверждается анализом финансовой обстановки в Кении. По данным [6] страна стала на путь развертывания широкополосных сетей доступа в интернет, предоставила возможность оказания населению цифровых финансовых услуг. Однако отказ от систем безопасности электронных платежей привел за это время к потерям порядка 1 млн. долл. США [6].

Поскольку африканские страны в своем большинстве относятся либо к развивающимся, либо к странам с низким уровнем развития экономики, то в качестве объекта исследований была выбрана сфера ИКТ одной африканских стран – Республики Гвинея, а в качестве цели статьи – выявление особенностей развития широкополосных сетей доступа в развивающихся странах на примере Республики Гвинея.

## Основная часть

### Основные рекомендации по развертыванию широкополосных сетей доступа в интернет и оценка степени их развития

На основании документа [2] можно выделить следующие основные мероприятия с их особенностями, которые должны сопровождать развертывание сетей широкополосной связи.

1) Использование для оценки развития ИКТ индекса развития ИКТ (I-DESI) [2, 3] – комплексного показателя, включающего 11 отдельных статистических индикаторов (связь, человеческий капитал, использование сети Интернет, внедрение цифровых технологий в бизнесе и цифровые услуги для населения). *Отличие для развивающихся стран:* государственные органы многих стран не отслеживают подробно показатели развития широкополосной связи [6]. Оцениваются только часть показателей, например, показатели проникновения традиционной телефонной и мобильной связи.

2) Опережение развития ИКТ по сравнению с развитием экономики страны [2, 8].

Полученная на основе статистических данных зависимость связывает величину I-DESI и валовой национальный доход на душу населения с коэффициентом корреляции 0.8475. Пример данной взаимосвязи из [2] по состоянию на 2011 год приведен на рисунке 1.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	РИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

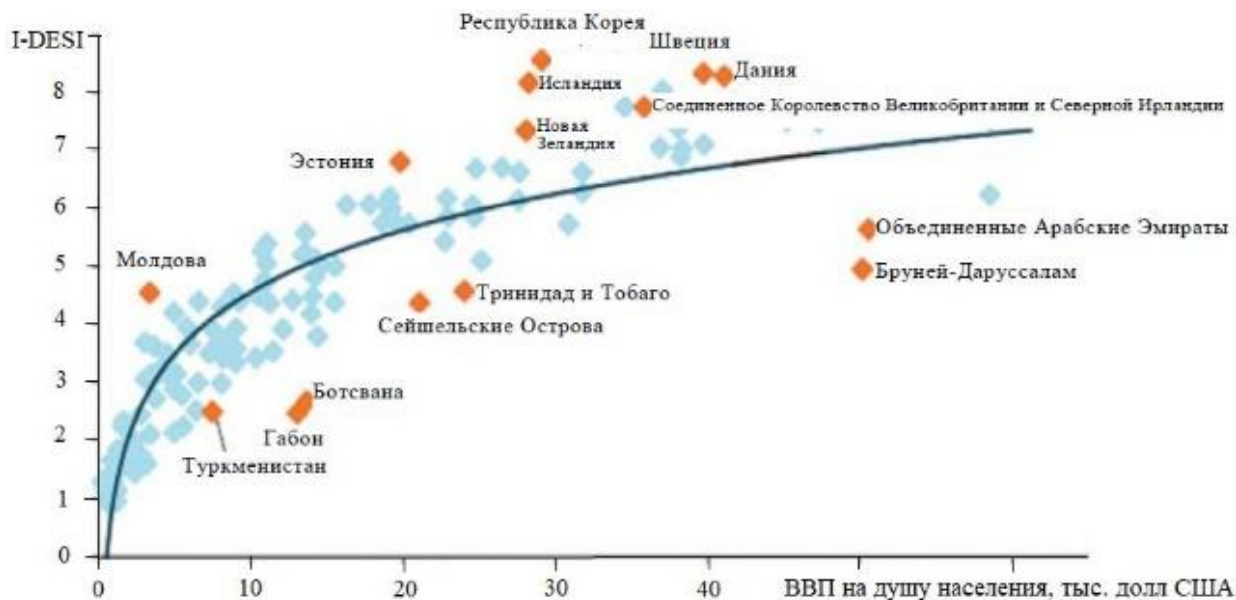


Рисунок 1 – Взаимосвязь между I-DESI и ВВП на душу населения из [2].

Из анализа рисунка 1 следуют *отличия для развивающихся стран*:

- длительность интервала опережения развития ИКТ по сравнению с экономикой должно быть намного существенно для формирования инфраструктуры или «экосистемы» сети ШПД [6];

- темпы прироста ВВП будут намного меньше, чем для развитых стран. Это подтверждается данными из [2]: 1% прироста проникновения широкополосной связи приводит к 0.0158% прирост ВВП в странах Латинской Америки и Карибского бассейна и 0.168% в Бразилии;

- критический уровень проникновения ИКТ в экономику, при котором использование цифровых технологий начинает обеспечивать прямое положительное влияние, составляет 20% [2, 11]. Фактически он свидетельствует о формировании основы «экосистемы» сети ШПД.

3) Наибольший эффект от использования ИКТ достигается при равномерном распределении по всем регионам страны показателя проникновения в экономику [9-11].

Для развивающихся стран с небольшой территорией это означает, что не должно существовать различий в развитии ИКТ в городских и сельских районах страны. Для стран с высокой долей городского населения данное условие относительно легко выполняется, для стран с преимущественно сельским населением возникает ряд проблем, связанных с реализацией узловых точек сети, обеспечивающих распространение ШПД за пределы городских центров [2].

4) Выбор спектра услуг сети ШПД, а, следовательно, и выбор технологии ШПД (3G, 4G, 5G), обусловлен двумя факторами: уровнем

средней стоимости 1 Гб трафика, который не должен превышать 2% от месячного дохода, а также уровнем цифровых навыков населения [6]. Интегральный показатель цифровых навыков включает информацию об уровне владения индивидом 4 типами навыков в области работы на компьютере или использования интернета [12]:

- коммуникационных навыков (способы общения с помощью интернета: отправку и получение электронной почты; участие в социальных сетях; телефонные звонки или видеоразговоры через сеть интернет);

- информационных навыков (копирование или перемещение файла; сохранение файлов в интернет-хранилище; получение информации с сайтов государственных органов; поиск информации о товарах и услугах; поиск информации, связанной со здоровьем);

- навыков решения проблем (компетенции, предполагающие способность передавать файлы, устанавливать программное обеспечение и приложения, изменять настройки любого программного обеспечения, совершать покупки или продажи в сети, использовать учебные онлайн ресурсы, интернет-банкинг);

- навыков работы с программным обеспечением (умение работать с текстовым редактором, электронными таблицами, редакторами фото-, видео- и аудиофайлов, писать коды на языке программирования).

Анализ перечисленных выше компетенций свидетельствует о том, что их дефицит характерен и для развитых стран.

5) Привлечение расширенного круга инвесторов, в том числе зарубежных, для построения «экосистемы» сети ШПД.

**Impact Factor:**

ISRA (India) = 6.317  
 ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
 GIF (Australia) = 0.564  
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
 ПИНЦ (Russia) = 3.939  
 ESJI (KZ) = 9.035  
 SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
 PIF (India) = 1.940  
 IBI (India) = 4.260  
 OAJI (USA) = 0.350

Отличие для развивающихся стран: привлечение в качестве инвесторов представителей финансово-банковского сектора способствует осуществлению новых инициатив в самом финансовом секторе (введение и совершенствование мобильных денежных услуг).

### Оценка уровня развития широкополосных сетей связи в африканских странах

При анализе уровня развития ИКТ в странах Африки будем использовать их классификацию относительно пустыни Сахара: севернее пустыни (ACC) и к югу от пустыни (АЮС). Показатели развития ряда стран Африки, полученные на основе анализа статистических данных [13-15], приведены в таблице 1, а на рисунке 2 - зависимость I-DESI от величины ВВП на душу населения для стран АЮС, полученная на ее основе.

Анализ рисунка 2 и таблицы 1 показывает, что показатель I-DESI в странах АЮС не

превышает 4.67, что свидетельствует об общей неразвитости «экосистемы» сетей ШПД. В тоже время сравнение рисунков 1 и 2, соответствующих временным периодам с разрывом в 10 лет, показывает, что ряд стран добились существенного изменения уровня I-DESI. Например, Ботсвана увеличила данный показатель с 3 до 4.67. Кроме того, анализ таблицы 1 показывает, что ряд стран вышли на более высокие показатели по сравнению со средним уровнем. К ним, в основном, относятся нефтедобывающие страны и страны-экспортеры чая и кофе, например, Нигерия, Гана, Сомали, Танзания, Джибути, Египет, Эфиопия, Кения, Сейшельские острова, Сьерра-Леоне, Судан и Уганда, в которых за последние 20 лет наиболее интенсивно привлекался для развития экономики иностранный капитал в виде государственно-частного партнерства (ГЧП) [16].

**Таблица 1. Показатели развития ряда африканских стран [13-15].**

Страна	ВВП на душу населения, долл. (2020)	Сельское население, % (2018)	Доступ к электричеству, % (2018)	Доступ к интернету, % (2018)	Мин. цена 1 Гб трафика, долл. (2021)	Население, имеющее компьютер, % (2017)	I-DESI (2017)
Страны АЮС							
Ангола	1896	34.5	43.3	14.3	1.03	10.5	1.94
Ботсвана	6711	30.6	64.9	47	1.63	28.5	4.59
Гвинея	1194	63.9	44.0	11.4	0.79	2.8	1.78
Гвинея-Бисау	728	56.6	28.7	3.9	2.25	2.8	1.48
Замбия	1051	56.5	39.8	14.3	0.01	8.10	2.54
Зимбабве	1128	67.8	41.0	27.1	75.00	12.9	2.92
Камерун	1499	43.6	62.7	23.2	0.60	6.4	2.38
Кот-д'Ивуар	2326	49.2	67.0	46.8	1.17	10.4	3.14
Лесото	861	71.8	47.0	29	1.29	8.2	3.04
Мадагаскар	495	62.8	25.9	9.8	0.66	6.2	1.68
Малави	625	83.1	18.0	13.8	20.37	6.4	2.38
Мали	859	57.6	50.9	13	1.2	7.6	3.14
Мозамбик	449	64.0	31.1	16.2	0.19	6.5	3.04
Намибия	4211	50.0	53.9	51	1.20	20	1.68
Нигерия	2097	49.7	56.5	53	0.03	10.6	1.74
Руанда	798	82.8	34.7	21.8	0.35	4.5	2.16
Сенегал	1488	52.8	67.0	46	0.94	15.1	2.32
Танзания	1076	66.2	35.6	25	0.28	3.9	3.89
Уганда	817	76.2	42.6	23.7	0.45	7.6	2.6
Чад	614	76.9	11.8	6.5	2.21	3.3	2.18
ЮАР	5091	33.6	91.2	53	0.12	24.4	2.66
Страны ACC							
Алжир	3310	25.7	100	59.6	0.16	38.4	4.67
Египет	3548	57.3	100	43.3	0.02	53.1	4.63
Эфиопия	936	79.2	45.0	18.6	1.41	5.0	1.65

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 9.035  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

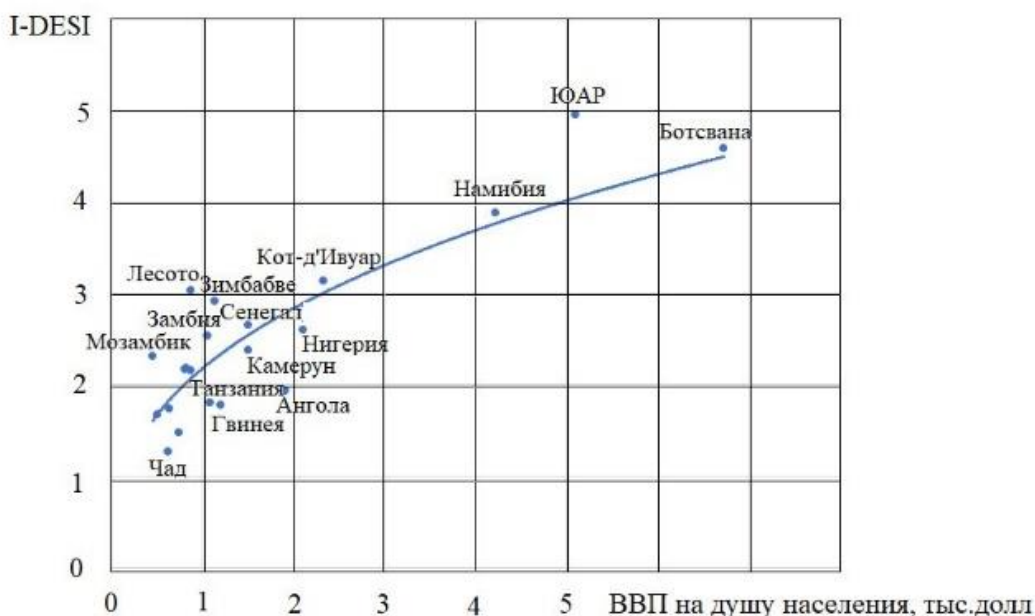


Рисунок 2 – Зависимость I-DESI от ВВП на душу населения в странах АЮС.

К ним, в основном, относятся нефтедобывающие страны и страны-экспортеры чая и кофе, например, Нигерия, Гана, Сомали, Танзания, Джибути, Египет, Эфиопия, Кения, Сейшельские острова, Сьерра-Леоне, Судан и Уганда, в которых за последние 20 лет наиболее интенсивно привлекался для развития экономики иностранный капитал в виде государственно-частных проектов (ГЧП) [16].

Несложно заметить также, что окончательным устройством для выхода в интернет в АЮС могут являться только телефоны (мобильные телефоны для сетей с технологией 3G и смартфоны для сетей с технологией 4G), поскольку уровень владения населением компьютерами довольно низкий. В среднем он составляет 10-20%. В силу этого, а также ограниченного доступа населения к электричеству развертывание сетей с технологией 5G является в настоящее время невозможным. Максимально допустимый уровень технологии – 4G. В настоящее время в большинстве стран используется сети беспроводной связи по технологии 2G (передача голоса и SMS). Преобладание организации мобильной связи с помощью мобильных телефонов и технологий 2G/3G обусловлено тем, что средняя стоимость 1 Гб трафика во многих случаях превышает приемлемый для населения уровень в 2%.

Снижение действия сдерживающих переход к сервисам 4G факторов, как показано в [17], возможно при реализации одного из сценариев. Первый из них ориентирован на уже существующую базу пользователей сотовых сетей технологий 2G/3G и направлен на организацию их постепенного перехода к сервисам 4G. Второй

сценарий, наоборот, ориентируется на привлечение к сетям сотовой связи оставшихся не охваченными 40% населения и предполагает обеспечение им возможности покупки мобильного телефона. Экономическая эффективность обоих сценариев достигается при условии расширения зон покрытия сетей сотовой связи, а также снижения стоимости как непосредственно трафика, так пользовательских терминалов, обеспечивающих выход к сервисам 4G, т.е. переходу от мобильных телефонов к смартфонам.

Снижение стоимости смартфонов, требуемое в обоих сценариях, уже осуществляется основными поставщиками смартфонов в Африке. Так, по данным [18] практически 50% рынка абонентских терминалов 4G не превышает 100 долл. США, в поставках на рынок преобладают устройства 4G: 81% из отгруженных в третьем квартале 2021 года, против 15,9% для устройств 3G. Для перехода от простых телефонов на более сложные недорогие смартфоны в странах Африки поставщиками предлагается услуга трейд-ин [16]. Кроме того, по данным [19] Google заключила партнерское соглашение с Safaricom, в рамках которого цифровой гигант будет финансировать покупку смартфонов населением, а для терпящих нужду и бездомных людей предусмотрела бесплатную систему адресации для предоставления онлайн-адресов миллионам людей без физических адресов.

Сравнение рисунков 1 и 2 показывает также, что величина ВВП на душу населения колеблется. Это обусловлено тем, что поскольку экономика африканских стран ориентирована на экспорт

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 9.035  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

биржевых товаров (до 90 %), в основном, топлива, сырья и продовольствия, то темпы развития экономики претерпевают сильные колебания, зависящие от колебания цен на данные товары. На величину ВВП оказывает влияние и нестабильная на всем африканском континенте политическая обстановка [6].

При построении «экосистемы» широкополосных сетей доступа в качестве магистральных сетей выступают морские магистральные кабели телекоммуникации, проходящие вокруг африканского континента [20], а оконечных устройств пользователей – мобильные телефоны. Основная сложность заключается при выборе организации узловых точек, обеспечивающих подключение сельских жителей к сети ШПД, т.е. построение сети абонентского доступа. Здесь решение различается, поскольку преобладание сельского населения на африканском континенте делает абонентские сети самым затратным звеном. Размещение потенциальных абонентов в малонаселенных пунктах на больших расстояниях друг от друга делает организацию сетей с помощью оптоволоконных кабелей или же базовых станций сотовой связи экономически невыгодной. В связи с этим в Республике Габон реализован вариант организации сетей абонентского доступа с использованием спутниковых технологий VSAT [21]. Для малонаселенных стран с плотностью населения менее 1.5 чел./км<sup>2</sup>, к которым относится Габон, данный вариант является наиболее экономически выгодным и предоставляет услуги широкополосного доступа в интернет 91.8 % населения.

### Оценка общего уровня развития Республики Гвинея

Оценим возможности экономики Республики Гвинея с точки зрения развертывания сетей широкополосного доступа в интернет.

Республика расположена в Западной Африке к югу от Сахары. Граничит на севере с Сенегалом, на севере и востоке с Мали, на востоке с Республикой Кот-д'Ивуар, на юге с Либерией, на юго-западе с Сьерра-Леоне, на северо-западе с Гвинеей-Бисау. С запада омывается Атлантическим океаном. Территория государства составляет 245.857 тыс. кв. км, средняя плотность населения 39.4 чел./км<sup>2</sup>. Население по территории распределено неравномерно: 17.9 % общего населения сосредоточено в девяти самых крупных городах, из них 13.46 % проживает в столице [22]. Территория на 50 % располагается в гористой и горной местности, пересеченной реками.

Величина ВВП на душу населения составляла в 2020 г. 1194 долл. США. Более 70 % её граждан живут менее чем на 3.2 долл. США в день, причем 36 % из них тратят меньше 1.9 долл. в день. Минимальная стоимость 1 Гб трафика (0.79 долл. США) не превышает приемлемый для населения месячный уровень в 2 %. Население страны, в основном, сельское и составляет 63,9% от общей численности. Доступ к электроэнергии населения в 2014 г. составлял 26 %. Проникновение ИКТ в экономику на 2018 год составляло 18 %, что свидетельствует о ее неэффективности. Основная технология беспроводного доступа – 3G. Охват услугами 3G (доля населения в %) составлял 62.4 %, а услугами 4G/WiMAX – 10.3 % [23]. Технология 4G доступна только в ряде районов столицы государства. Среди услуг ШПД наиболее востребованной является «цифровой кошелек». Она предоставляется одним из операторов сотовой связи (Orange) в технологии 3G [24]. Сдерживание развертывания сетей 4G обусловлено высокой стоимостью организации абонентской сети в сельской местности.

### Предлагаемый вариант построения абонентской сети ШПД в Республике Гвинея

В географических координатах расположения Республики (8°з.д.–13°з.д. и 7°с.ш.–13°с.ш.) и ее пересеченной горной и гористой местности вариантами построения абонентской сети являются либо радиорелейные линии, либо использование технологии VSAT. Рассмотрим более подробно организацию абонентской сети на базе VSAT с антеннами в виде параболических зеркал по примеру Республики Габон. При этом точки доступа в сельской местности являются общественными и располагаются в либо в государственных центрах телекоммуникационных услуг, либо в частных коммерческих интернет-кафе, либо в школах и почтовых отделениях, библиотеках и др. [2].

Для определения размеров диаметра зеркальной антенны, а также выбора конструктивного исполнения рефлектора выполним анализ спутниковых систем, предоставляющих услуги VSAT на территории Республики Гвинея. Наиболее подходящими по зоне обслуживания являются два [25–28]: SES 4 AFRICA и TELSTAR 11n. Информация о них, а также о диаметре требуемой зеркальной антенны станции VSAT приведена в таблице 2. Соответствие используемых в IEEE обозначений диапазонов частотам приводится в таблице 3 [28].

<b>Impact Factor:</b>	<b>ISRA (India) = 6.317</b>	<b>SIS (USA) = 0.912</b>	<b>ICV (Poland) = 6.630</b>
	<b>ISI (Dubai, UAE) = 1.582</b>	<b>РИИЦ (Russia) = 3.939</b>	<b>PIF (India) = 1.940</b>
	<b>GIF (Australia) = 0.564</b>	<b>ESJI (KZ) = 9.035</b>	<b>IBI (India) = 4.260</b>
	<b>JIF = 1.500</b>	<b>SJIF (Morocco) = 7.184</b>	<b>OAJI (USA) = 0.350</b>

**Таблица 2. Справочная информация о спутниковых системах, предоставляющих услуги VSAT на территории Республика Гвинея [25-27].**

Название спутника	Положение спутника		Диаметр антенны, м	Транспондеры (диапазон частот/ число стволов)
	орбита	долгота, град		
SES4 AFRICA*	GEO	20 з.д.	2.4	C/52 Ku/72
TELSTAR 11n	GEO	37.5 з.д.	1.2	Ku/39

\*Для улучшения работы применяется переключение каналов между транспондерами C и Ku-диапазонов

**Таблица 3. Классификация частотных диапазонов по определению IEEE [28].**

Обозначение диапазона	Частотный спектр, ГГц
C	3.4-8.0
Ku	10.7-18.0

Для выбора конструкции рефлектора зеркальной антенны необходимо выполнить анализ климатических условий, в которых она будет эксплуатироваться. При этом будем полагать, что одна точка размещается в столице государства, а другие в сельских районах страны. Под климатическими факторами здесь будем понимать солнечный нагрев, ветровые нагрузки, дождевые осадки.

Территория Гвинеи делится на четыре географических района [29]:

- прибрежный район – нижняя, или Приморская Гвинея;
- район гор – Средняя Гвинея, включающая горный массив Фута-Джаллон;
- район саванн на севере – Верхняя Гвинея;
- район лесов на юго-востоке – Лесная Гвинея.

Распределение осадков по территории страны по данным [23, 29] приведены в таблице 4.

**Таблица 4. Распределение осадков по районам Гвинеи [23, 29].**

Географический район	Температура воздуха максимальная	Температура воздуха минимальная	Осадки, мм	Ветровая нагрузка
Приморская Гвинея: - в сухой сезон - в сезон дождей	+30°C..+32°C +28°C..+30°C	+22°C..+24°C +23°C..+24°C	4000	
Средняя Гвинея: - в сухой сезон - в сезон дождей	+38°C..+40°C +27°C..+29°C	+16°C..+17°C +19°C..+20°C	4000	
Верхняя Гвинея: - в сухой сезон - в сезон дождей	+38°C..+40°C +31°C..+32°C	+16°C..+17°C +20°C..+23°C	1000	харматан
Лесная Гвинея: - в сухой сезон - в сезон дождей	+30°C..+32°C +27°C..+29°C	+16°C..+20°C +19°C..+20°C	4000	

Особенностью ветровой нагрузки является ветер харматан, который представляет собой зимний африканский муссон, понижающий температуру воздуха до +3°C. Сухой ветер имеет

продолжительность несколько дней, однако может наблюдаться и по 2-3 месяца подряд (с небольшими ослаблениями ветра). В совокупности с муссонами может образовывать

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 9.035  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

смерчи. Отличается ураганной силой (скорость ветра может достигать до 50 м/с). За счет песка пустыни существенным образом снижает видимость [30]. По своему химическому составу приносимая из Сахары пыль на 60 % состоит из кварца ( $\text{SiO}_2$ ), окиси алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 17,4 %), окиси натрия ( $\text{Na}_2\text{O}$ , 10,1 %), окиси железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 5,6 %) и прочих микроэлементов [31].

При выборе в качестве ретрансляторов одного из двух спутников (SES 4 AFRICA и TELSTAR 11n) оценим требуемую ориентацию его зеркала. Оба спутника, как показано в таблице 2, находятся на геостационарной орбите в точках, отстоящих от центра страны на 10 или 20 градусов по долготе. В связи с этим для широт  $7^\circ\text{с.ш.}$ – $13^\circ\text{с.ш.}$  антенна должна ориентироваться практически в зенит (угол возвышения будет порядка  $80^\circ$ ). В таком положении антенны в ее рефлекторе будут накапливаться дождевые осадки.

Таким образом, выполненный анализ климатических факторов, которые могут воздействовать на зеркальную антенну в месте ее размещения на территории Республики Гвинея, следует учитывать:

- накопление воды в рефлекторе во время сезона дождей;
- температурные деформации за счет разницы температур (не более  $20^\circ\text{C}$  в дневные и ночные часы);
- сильные ветровые нагрузки, образование пылевых отложений в рефлекторе, а также сильные температурные деформации (от  $+38^\circ\text{C.}$ + $40^\circ\text{C}$  до  $+3^\circ\text{C}$ ) в Верхней Гвинее во время харматана.

Существенное влияние данных факторов на функционирование зеркальной антенны обусловлено, во-первых, высокой парусностью конструкции антенны, во-вторых, принципами её функционирования, основывающимися на

законах геометрической и волновой оптики [32]. Проявляется указанное влияние в виде тепловых и ветровых деформаций конструкции зеркала, а также увеличении потерь на излучение.

Исследование влияния метеорологических осадков начнем с дождевых осадков. В методике, описанной в [55], оцениваются потери по принципу режима наибольшей степени жесткости, т.е. фактически, наихудшего варианта событий. В связи с этим в качестве интенсивности дождя будем рассматривать вариант выпадения осадков в летний сезон в наиболее мокром месте – в г. Конакри. В соответствии с данными из [33] наиболее дождливым месяцем является август. Причем наиболее дождливым днем в рассматриваемый период был день 11 августа. Максимальная температура воздуха при этом составила  $30^\circ\text{C}$ . Для определения интенсивности дождя используем следующую информацию:

- в этот день выпало 1030 мм осадков;
- в течение 10 часов осадки выпадали в виде сильного дождя.

Интенсивность дождя составила в это день:  
 $I = 1030 \text{ мм} / 10 \text{ час} = 103 \text{ мм} / \text{час}$ .

В соответствии с классификацией, приведенной в [34], интенсивность  $I$  сильного дождя составляет около 100 мм/час, т.е. полученные значения не противоречат теории. Для данной интенсивности дождя в рефлекторе зеркала диаметром 1.2 м толщина слоя в рефлекторе осадков, выпавших в течение часа, будет составлять 0.16 мм, а диаметром 2.4 м – 0.202 мм.

С использованием методики из [32] были рассчитаны потери энергии электромагнитной волны при прохождении через слой осадков. На рисунках 3 и 4 приводятся полученные результаты для диаметров зеркала 1.2 м и 2.4 м соответственно.

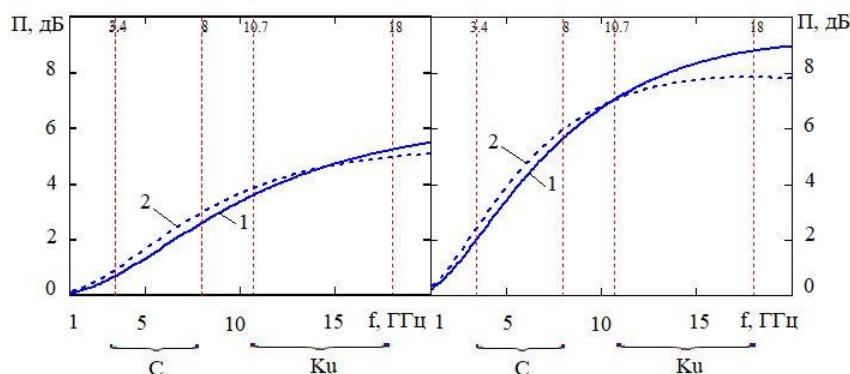


Рисунок 3 – Частотная зависимость потерь энергии электромагнитной волны при прохождении через слой осадков в рефлекторе диаметром 1.2 м:

1 – при температуре  $T = 30^\circ\text{C}$ ; 2 – при температуре  $T = 20^\circ\text{C}$

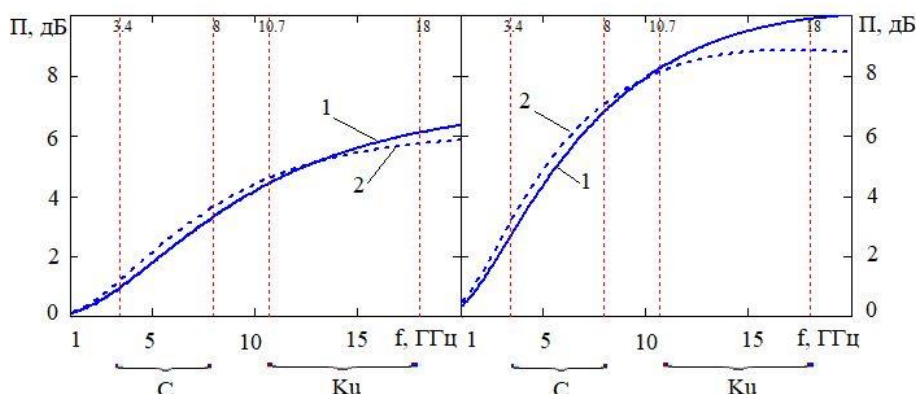
левое поле – вертикальная поляризация волны;

правое поле – горизонтальная поляризация волны



## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	РИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350



**Рисунок 4 – Частотная зависимость потерь энергии электромагнитной волны при прохождении через слой осадков в рефлекторе диаметром 2.4 м:**

**1 – при температуре  $T = 30^{\circ}\text{C}$ ; 2 – при температуре  $T = 20^{\circ}\text{C}$**

**левое поле – вертикальная поляризация волны;**

**правое поле - горизонтальная поляризация волны**

Анализ полученных частотных зависимостей показывает, что для обоих диаметров зеркала потери при прохождении через слой осадков для обеих поляризаций волны не превышают 10 дБ. Кроме того, появление лужи воды в рефлекторе приводит, как показано в [32], к изменению амплитудно-фазового распределения в раскрыве зеркала и, вследствие этого, к искажению диаграммы направленности зеркальной антенны, включая уход луча. Указанные эффекты в спутниковых каналах связи являются недопустимыми, поскольку ширина главного лепестка таких антенн мала. Таким образом, требуются мероприятия по защите зеркальной антенны от дождя.

При оценке ветровых нагрузок будем полагать, что ветер приходит к раскрыву рефлектора по нормали. Как показано в [35], ветровые нагрузки при ветре «спереди» больше в 3,5-4 раза по сравнению с направлением «сзади», а величина вертикальной нагрузки при ветре «спереди» в 10 раз превышает нагрузки при ветре «сзади». Максимальная скорость ветра при харматане достигает 50 м/с (крепкий ветер по шкале Бофорта [30]). Давление ветра для двух диаметров зеркала при двух разных температурах, которые могут иметь место при данном ветре, приведено в таблице 5.

**Таблица 5. Величина максимальных ветровых нагрузок на рефлектор при харматане.**

Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Диаметр антенн, м	
	1.2	2.4
+20	881 Па или 101 кг силы	3523 Па или 1626 кг силы
+3	908 Па или 104 кг силы	3632 Па или 1676 кг силы

**Таблица 6. Известные способы защиты зеркальных антенн от климатического воздействия в С и Ku-диапазонах [32].**

Климатический фактор	Способ воздействия	Способ защиты
Солнечный нагрев	Тепловая деформация	- специальные лаки и краски белого цвета; - рефлекторы с изменяемым профилем; - оптимизация щита наружного зеркала
Ветровое воздействие	Ветровая деформация	- выполнение на теневой стороне зеркала бортика и ребер жесткости, идущих от центра зеркала к его краям; - выполнение рефлектора в виде сегментов из трубчатых элементов; - радиопрозрачные антенные укрытия

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	ПИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

Метеорологические осадки	Потери энергии электромагнитной волны в слое осадков	- специальные лаки и краски; - радиопрозрачные антенные укрытия; - выполнение рефлектора в виде сегментов из трубчатых элементов
--------------------------	--	--

Анализ полученных результатов показывает, что, во-первых, при падении температуры воздуха до  $+3^{\circ}\text{C}$  давление ветра на антенну выше, чем при более высокой температуре ( $+20^{\circ}\text{C}$ ). Кроме того, указанное давление ветра может привести к деформации зеркала и даже к выходу рефлектора из строя за счет неравномерной деформации конструкции антенны [35]. В-третьих, наблюдаемые при порывах ветра деформации конструкции антенны приводят также к снижению коэффициента усиления на 0.045 дБ.

Термодеформации, равномерные для зеркала и неравномерные для элементов конструкции антенны, могут достигать 5.2 мм при горизонтальном положении антенны [36]. В результате воздействия термодеформаций нарушается синфазность излучения и, как следствие, наблюдается смещение главного лепестка диаграммы направленности антенны от требуемого направления. Потери величины коэффициента усиления при этом могут достигать 0.4 дБ.

Способы защиты от данных явлений в диапазоне до 30 ГГц известны и приведены в таблице 6 из [32].

Анализ приведенных способов защиты из таблицы 3.2 показывает, что наиболее простым в описанных выше климатических условиях является выполнение рефлектора в виде сегментов из трубчатых элементов с нанесением специальных лаков и красок на элементы конструкции. Рефлектор зеркала при этом может быть выполнен несколькими способами [37, 38]. Во-первых, рефлектор может быть образован соосными проводящими трубчатыми элементами, расположенными с постоянным шагом относительно друг друга, кромки которых образуют отражающую поверхность. Толщина стенок одинакова и составляет не менее  $0,0175\lambda$  ( $\lambda$  - рабочая длина волны), а шаг между ними и их длина выбраны из условия обеспечения значения коэффициента отражения от параболического рефлектора не менее 95 %. Во-вторых, рефлектор образуется парами соосных проводящих трубчатых элементов, расположенных с постоянным шагом относительно друг друга, кромки которых образуют отражающую параболическую поверхность. Толщина стенок  $b$  одинакова. Трубчатые элементы в каждой паре расположены с зазором  $d$  относительно друг друга. Параметры конструкции связаны соотношением  $b+d \geq 0,0175\lambda$ , величина зазора  $d \leq 4b$ . Шаг между ними и их длина выбраны из

условия обеспечения значения коэффициента отражения от параболического рефлектора не менее 95 %. В-третьих, рефлектор может быть образован в виде концентрических колец. В каждом зазоре между двумя соседними кольцами образуется волноводный канал, в котором электромагнитная волна затухает, и происходит отражение. При этом ветровая нагрузка на антенну уменьшается в 3.7 раза по сравнению с рефлектором со сплошной поверхностью. Данные конструкции рефлекторов наряду со снижением парусности рефлектора, а, следовательно, и ветровых деформаций, обеспечивают удаление воды через отверстия в рефлекторе под силой тяжести.

### Заключение

Приведенные в работе результаты исследований показали, что

- сети широкополосного доступа в интернет будут приносить положительный экономический эффект при соблюдении определенных условий, в частности, их проникновение в экономику страны должно превышать 20 %;

- рекомендации по развертыванию широкополосных сетей, полученные на основе исторического опыта в развитых странах, не всегда подходят для развивающихся стран. В частности, для развивающихся стран сроки опережения развития ИКТ по сравнению с развитием экономики должны быть больше для того, чтобы сформировать «экосистему» сетей ШПД. Кроме того, и величина экономического эффекта от их эксплуатации для развивающихся стран будет ниже, чем для развитых стран;

- для развития сферы ИКТ в развивающихся и странам с низким уровнем развития экономики, к которым относятся африканские государства, в настоящее время могут быть развернуты сети широкополосного доступа с технологией не выше 4G. Это обусловлено рядом факторов: весьма ограниченным доступом к электричеству, низким уровнем благосостояния и цифровых навыков, большой долей сельского населения.

Выполненные на примере Республики Гвинея оценки по возможности развертывания широкополосных сетей 4G по всей стране показали, что

- сдерживающим фактором является организация абонентских линий, соединяющих узловые точки с абонентами;

- с учетом географических особенностей страны для организации узловых точек предлагается использовать спутниковые

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 9.035  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

технологии VSAT (по примеру Республики Габон) с использованием одного из спутников SES 4 AFRICA и TELSTAR 11n. Диаметр зеркала будет составлять при этом 1.2 м или 2.4 м. Рефлектор должен быть выполнен в виде сетчатого полотна, чтобы исключить возможность накапливания воды и снизить парусность конструкции. Точки доступа в сельской местности должны

располагаться либо в государственных центрах телекоммуникационных услуг, либо в частных коммерческих интернет-кафе, либо в школах и почтовых отделениях, библиотеках и др.

## References:

1. Schwab, K. (2017). *The Four Industrial Revolutions*. (p.216). NY: Crown Business.
2. (2013). *Internet broadband for an inclusive digital society. Report of the Secretary-General United Nations*. Retrieved 23.01.2022 from [https://unctad.org/system/files/official-document/ecn162013d3\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/ecn162013d3_en.pdf)
3. (2021). *ICT Development Index 2020: A proposal. Background document*, Retrieved 21.01.2022 from [https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/events/egh2020/IDI2020\\_BackgroundDocument\\_E.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/events/egh2020/IDI2020_BackgroundDocument_E.pdf)
4. Jadrovskaja, M.V. (2021). Perspektivy tehnologii interneta veshhej / M.V. Jadrovskaja, M.V. Porkshejan, A.A. Sinel'nikov, *Advanced Engineering Research*, v.21, № 2, pp.207-217. Doi: [10.23947/2687-1653-2021-21-2-207-217](https://doi.org/10.23947/2687-1653-2021-21-2-207-217).
5. Zvezdina, M.Yu. (2018). Electromagnetic background strengthening as a negative result of digital economic advance / M.Yu. Zvezdina, Yu.A. Shokova, H.T. Al-Ali, G.H. Al-Farhan, *ISJ Theoretical & Applied Science*, № 03 (59), pp.29-42. doi : [10.15863/TAS.2018.03.59.7](https://doi.org/10.15863/TAS.2018.03.59.7).
6. Ndung'u, N. (2016). Cashing in on the digital revolution / N. Ndung'u, A. Morales, L. Ndirangu, *Finance & Development Magazine*, June, Retrieved 20.01.2022 from <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2016/06/ndungu.htm>
7. (2017). «Cifrovaja ekonomika Rossijskoj Federacii». Russian Federation Government Decree, July 28, 2017 № 1632-р.
8. Kuzovkova, T.A. (2016). Metodicheskij apparat kompleksnogo razvitija infokommunikacij / T.A. Kuzovkova, M.A. Zhenchur, A.D. Kuzovkov, *Sistemy upravlenija, svjazi i bezopasnosti*, №1, pp.146-190.
9. Miroljubova, T.V. (2021). Ocenka vlijanija faktorov cifrovoj transformacii na regional'nyj jekonomicheskij rost / T.V. Miroljubova, M.V. Radionova, *Regionologija*, vol.29, №3, pp.486-510. doi:10.15507/2413-1407/116/029/202103/486-510.
10. Kramin, T.V. (2020). K voprosu o benchmarkinge na primere analiza jeffektivnosti ispol'zovanija širokopolosnogo interneta v regionah Rossii / T.V. Kramin, I.Ju. Imasheva, *Aktual'nye problemy jekonomiki i prava*, vol.14, №1, pp. 67-78. doi: [10.21202/1993-047X.14.2020.1.67-78](https://doi.org/10.21202/1993-047X.14.2020.1.67-78).
11. (2012). *The impact of broadband on the economy: Research to date and policy issues*, Retrieved 26.01.2022 from <http://www.itu.int/broadband>
12. (2020). *Tendencii razvitija interneta v Rossii i zarubezhnyh stranah: analiticheskij doklad*, (p.144). Moskva: NIU VShJe.
13. Lajshi, Ju. (2021). *Jekonomicheskoe razvitie Afriki*, Retrieved 26.12.2021 from [http://Spravochnik.ru/ekonomika/ponyatie\\_ekonomicheskogo\\_razvitiya](http://Spravochnik.ru/ekonomika/ponyatie_ekonomicheskogo_razvitiya)
14. (2021). *Afrikanskij bank razvitija sprogniziroval jekonomicheskij rost na kontinente*, Retrieved 22.12.2021 from <http://regnum.ru>
15. (2021). *NONEWS*, Retrieved 28.12.2021 from <http://nonews.co/directory/lists/countries>
16. Pashkova, E.V. (2019). *Vozможности reshenija social'nyh problem stran Afriki na osnove gosudarstvenno-chastnogo partnerstva* / E.V. Pashkova, E.V. Morozenskaja, Tambo Tala Rober Herve, L.N. Kalinichenko, *Vestnik RUDN. Serija Sociologija*, vol.19, № 2, pp. 244-260. doi: [10.22363/2313-2272-2019-19-2-244-260](https://doi.org/10.22363/2313-2272-2019-19-2-244-260).
17. Kirillovich, A. (2021). *Problemy razvitija širokopolosnogo dostupa v Afrike i vozможности dlja sputnikovoj svjazi*, Retrieved 28.12.2021 from <http://satcoms.ru/analytics/africa-article-kirillovich>
18. (2022). *Africa's Smartphone Market Declines as Component Shortages Disrupt Healthy Growth*,

